

PROYECTO FIN DE CARRERA

**“PLATAFORMA BASE PARA EL
DESARROLLO DE MICROBOTS
REACTIVOS HASTA EL NIVEL
COMUNIDAD”**

Jesús Donate Fernández
Juan Maria De Castro Payo

PROYECTO FIN DE CARRERA

TEMA: SISTEMAS DE CONTROL Y POTENCIA

TITULO: PLATAFORMA BASE PARA EL DESARROLLO DE MICROBOTS REACTIVOS HASTA EL NIVEL COMUNIDAD

AUTOR: Juan Maria De Castro Payo y Jesús Donate Fernández

TUTOR: Agustín Rodríguez Herrero **Vº.Bº.Tutor:**

DEPARTAMENTO: S.E.C.

Miembros del Tribunal Calificador:

PRESIDENTE: César Benavente Peces

VOCAL: Agustín Rodríguez Herrero

VOCAL SECRETARIO: Angel M. Groba González

Fecha de lectura:

Calificación:

El Secretario,

RESUMEN DEL TRABAJO:

Diseño, implementación y depuración de un robot móvil de propósito general. El sistema sirve para el aprendizaje y desarrollo de algoritmos basados en conductas mediante el uso de un entorno de rápido aprendizaje.

El núcleo computacional del mismo ha sido basado en una FPGA, aunque cuenta con el apoyo de un microcontrolador. El sistema lo forman 2 tarjetas, una realiza la computación de los algoritmos, mientras que la otra implementa los sensores y actuadores del robot. Esta electrónica puede considerarse también como un sistema de desarrollo para FPGAs y Microcontroladores.

También ha sido desarrollado un software que permite la gestión de los programas de la FPGA y el microcontrolador, y la depuración de los programas de la FPGA, gracias a la posibilidad de observar y modificar señales del diseño en tiempo real, desde un PC.

Por último, el sistema ha sido montado sobre una plataforma mecánica que constituye el robot móvil, y que permanecerá en la universidad para posteriores desarrollos sobre el mismo.

*A Copito y Hermión por
sus servicios como
cobayas en el desarrollo
del proyecto*

*Y a todos los que han
tenido que soportarnos
(Madres, padres, novias,
amigos... e incluso tutores
de proyecto :-D)*

INDICE

I. MEMORIA

1. Introducción	1
1.1. Experiencia en robótica móvil	1
1.2. Robótica Reactiva	4
1.3. La torrebot	5
1.4. Objetivos del proyecto	7
1.5. Arquitecturas de control propuestas	8
1.6. Bibliografía	10
2. Desarrollo del robot	11
2.1. Arquitectura general del robot	11
2.1.1 Nivel Físico	11
2.1.2 Nivel de Reacción	13
2.1.3 Nivel de Control	13
2.2. Tarjeta de control	15
2.2.1. Objetivo.	15
2.2.2. Diseño a nivel de bloques	15
2.2.3. Implementación de los bloques	17
2.2.3.1. FPGA	17
2.2.3.2. Módulo de entradas / salidas	19
2.2.3.3. Módulo de alimentación	22
2.2.3.4. Módulo ADC+Cargador de programas+Depurador de programas	22
2.2.3.5. Canal de comunicaciones por soporte físico	26
2.2.3.6. Soporte a comunicaciones por Enlace Radio	26
2.2.4 Construcción y Versiones	27
2.2.5 Software.	29
2.2.5.1 Módulos de gestión	30
2.2.5.2 Módulos de comunicación	32
2.2.5.3 Módulos de Depuración	34
2.2.5.4 Módulos de aplicación	35
2.3. Tarjeta de sensores y actuadores	36
2.3.1. Objetivo de la tarjeta	36
2.3.2. Bloques	36
2.3.3. Diseño a nivel de bloques.	36
2.3.3.1. Modulo de alimentación.	36
2.3.3.2. Modulo control de motores	37
2.3.3.3. Controlador sensores fotorelectores	39
2.3.3.4. Control de estado de batería	41
2.3.3.5. ADCs	41
2.3.3.6. Conectores para sensores de 1 línea	42
2.3.3.7. Conectores para sensores de 2 líneas	43
2.3.3.8. Resto líneas de entrada/salida de FPGA	43
2.3.4. Diseño del PCB.	44
2.3.4.1. Conectores	44
2.3.4.2. Componentes	46

2.3.4.3. Diseño de pistas	47
2.3.5. <i>Versión para fabricación</i>	49
2.3.5.1. Mejora circuito motores	49
2.3.5.2. Mejora conectores ADCs	50
2.3.5.3. Características del PCB	51
2.4. Sensores, actuadores y módulos de control	52
2.4.1. <i>Sensores Propioceptivos</i>	52
2.4.1.1. Sensado de corriente por motores	52
2.4.1.2. Nivel de batería	54
2.4.2. <i>Sensores Exteroceptivos</i>	56
2.4.2.1. Bumpers	56
2.4.2.2. Fotoreflexor CNY_70	56
2.4.2.3. Medidor distancia por IR de Sharp: GP2D02 y GP2D12	58
2.4.2.4. Sensor de ultrasonidos	60
2.4.3. <i>Actuadores</i>	65
2.4.3.1. L.E.D.	65
2.4.3.2. Motores de corriente continua	65
2.4.3.3. Servo	65
2.4.4. <i>Módulos de control</i>	67
2.4.4.1. Reloj_Sistema	67
2.4.4.2. Sonar	68
2.4.4.3. GP2D02	68
2.4.4.4. Motor	69
2.5. El robot “APOFIX”	70
2.5.1. <i>Estructura física del robot</i>	70
2.5.2. <i>Motores</i>	73
2.5.3. <i>Cuadro de mandos</i>	73
2.5.4. <i>Baterías</i>	73
2.5.5. <i>Situación de sensores</i>	74
2.5.6. <i>Conexiones</i>	77
2.6. Bibliografía.	79
3. Nivel de Inteligencia	80
3.1. Introducción	80
3.2. Breve historia de las arquitecturas de control en robótica	80
3.3. Control por conductas y la TC_FPGA	81
3.3.1. <i>Control por conductas</i>	82
3.3.2. <i>Adecuación de las conductas a una FPGA</i>	84
3.3.3. <i>FPGA vs mC.</i>	89
3.4. Expansión de posibilidades mC+FPGA	90
3.5. Bibliografía	91
4. Manual de usuario	92
4.1. Introducción	92
4.1.1. <i>Descripción general</i>	92
4.1.2. <i>Contenido del paquete</i>	93

4.1.3. <i>Requisitos del sistema</i>	94
4.1.4. <i>Instalación del hardware</i>	94
4.1.5. <i>Instalación del software</i>	94
4.1.5.1. <i>Instalación MAS+PLUS II</i>	94
4.1.5.2. <i>Instalación software comunicaciones</i>	95
4.1.5.3. <i>Instalación MPLAB</i>	95
4.2. Tutorial	95
4.3. Manual de conexionado de las tarjetas TC-FPGA y TSA-FPGA	95
4.3.1. <i>Interconectando las tarjetas</i>	95
4.3.2. <i>Alimentación</i>	95
4.3.3. <i>Cable de comunicaciones</i>	96
4.3.4. <i>Las conexiones</i>	97
4.3.5. <i>Ejemplos de conexionado</i>	102
4.3.6. <i>Sensores incorporados en la tarjeta</i>	103
4.3.6.1. <i>Resistencias de sensado</i>	103
4.3.6.2. <i>Nivel de batería</i>	105
4.4. Programación de la TC_FPGA	107
4.4.1. <i>Estableciendo conexión</i>	108
4.4.2. <i>Menú de programación</i>	108
4.4.2.1. <i>Cargar programa en PIC</i>	108
4.4.2.2. <i>Cargar programa en FPGA</i>	108
4.4.2.3. <i>Cambio de banco</i>	109
4.4.2.4. <i>Depurar un programa</i>	109
4.5. Módulos de control para la FPGA	110
4.5.1. <i>Reloj_sistema</i>	110
4.5.2. <i>Sonar</i>	110
4.5.3. <i>GP2D02</i>	111
4.5.4. <i>Motor</i>	111
4.5.5. <i>Monoestable</i>	112
4.5.6. <i>Comparador</i>	112
4.5.7. <i>Módulo comunicaciones con PIC</i>	113
4.5.8. <i>Nodo supresor de conductas</i>	114
5. Conclusiones generales y líneas futuras	115
5.1. <i>Conclusiones</i>	115
5.2. <i>Líneas futuras de desarrollo</i>	115
6. ANEXOS	
Anexo A: Protocolo de comunicaciones entre fpga y mC	117
Anexo B: Comunicaciones entre mC y PC	128
Anexo C: Conexiones	136

III. PLANOS

Esquemático TC_FPGA.
Serigrafía top TC_FPGA
Serigrafía bottom TC_FPGA
Esquemático TC_FPGA.
Serigrafía top TC_FPGA
Serigrafía bottom TC_FPGA
Plantilla bus de conexiones E/S

IV. PLIEGO DE CONDICIONES

- 1. Selección de componentes**
 - 1.1 Componentes TC_FPGA*
 - 1.2 Componentes TSA_FPGA*
- 2. Fabricación de los PCBs**
- 3. Montaje**
- 4. Puesta en marcha del sistema**
 - 4.1 Conexionado del hardware*
 - 4.2 Programación*

V. PRESUPUESTO

- 1. Prototipo**
 - 1.1. Componentes placas*
 - 1.2. Fabricación PCBs*
 - 1.3. El robot, APOFIX*
 - 1.4. Herramientas de diseño*
 - 1.5. Horas de trabajo*
 - 1.6. Presupuesto total del desarrollo*
- 2. Preserie comercial**